

بررسی میزان حساسیت فرسایش حوضه آبخیز مدان الموت

قربان وهابزاده^۱، پیام ابراهیمی^۲

۱- استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران p.ebrahimi@sanru.ac.ir

تاریخ دریافت مقاله: ۹۲/۱۰/۲۶ تاریخ تصویب: ۹۳/۵/۲۹

چکیده

استفاده از مدل‌های فرسایش و رسوب یکی از کارآمدترین روش‌ها به منظور تخمین مقدار هدر رفت خاک در حوضه‌های آبخیز می‌باشد. در این تحقیق از ۴ روش Fargas، BLM، MPSIAC، جدول فیض‌نیا و روش نفوذپذیری Hunt Bowen به ترتیب برای محاسبه مقدار هدر رفت خاک و نفوذپذیری در واحدهای کاری مختلف حوضه آبخیز مدان الموت واقع در استان قزوین استفاده شد و بخش‌هایی از حوضه که تأثیر عمده‌ای در هدر رفت خاک داشتند با استفاده از روش‌های مذکور مشخص و نتایج آن‌ها با هم مقایسه شد. نتایج نشان داد به ترتیب مدل Fargas، MPSIAC و BLM با امتیازات ۴۰/۷۵، ۵۰/۸۱ و ۴۳/۷۳ دارای میانگین نزدیک به هم و با فرسایش پذیری متوسط بوده و جدول فیض‌نیا منطقه را فرسایش پذیر و هانت و بوون نفوذپذیری را بسیار کند ارزیابی نمود. همچنین براساس پاسخ هیدرولوژیکی، زیرحوضه‌های ۴ به مساحت ۲۲۹۴/۳۰۸ هکتار و ۱ به مساحت ۱۳۸۹/۰۶ هکتار بیش‌ترین تأثیر را در صورت وقوع سیل خواهند داشت. در صورتی که برنامه‌های اجرایی جهت مبارزه با فرسایش و تولید رسوب در منطقه صورت گیرد، پیشنهاد می‌شود در اولویت اول به ترتیب در زیرحوضه ۴ و ۱ مورد اجرا قرار گیرند. در صورتی که هدف میزان نفوذ رواناب و جلوگیری از ایجاد سیل باشد به ترتیب زیرحوضه ۴ به مساحت ۲۷۳۴/۸۲۷ هکتار و ۱ به مساحت ۱۵۴۴/۶۴۸ هکتار و ۲ به مساحت ۶۸۰/۳۸۶ هکتار در اولویت قرار می‌گیرند.

واژگان کلیدی: Fargas، BLM، MPSIAC، جدول فیض‌نیا، حوضه آبخیز مدان، جدول فیض‌نیا.

مقدمه

پذیری واحدهای سنگی است که در مدت کوتاه زیان بسیاری را بر جوامع انسانی تحمیل می‌کند [19]. یکی از مشکلات موجود در طرح‌های حفاظت خاک و کنترل فرسایش عدم شناخت کافی از سنگ شناسی حوضه آبخیز است [14]. در زمینه فرسایش پذیری و رسوب تحقیقات پرسن و همکاران [22] و دویکر و همکاران [10] نشان داد ساخت و بافت سنگ‌ها و خاک تولید شده از آن‌ها مهم‌ترین پارامترهای خاک در زمینه ایجاد رواناب و فرسایش پذیری حوضه آبخیز

حساسیت سازندها به فرسایش، نقش مهمی در تولید رسوب حوضه‌های آبخیز دارد و در بسیاری از موارد، تولید بخش اعظم رسوب از بخش کوچک‌تر حوضه که دارای سازندهای حساس‌تری به فرسایش است صورت می‌گیرد [15]. بر همین اساس اگر با دقت قابل قبولی فرسایش پذیری سازند معین شود، می‌توان برای کنترل فرسایش نیز راه‌های مؤثر و اقتصادی‌تر ارایه نمود. یکی از معضلات اصلی بسیاری از کارهای انجام شده عمرانی، عدم بررسی میزان فرسایش و فرسایش

واقع در پهنه رسوبی- ساختاری خرده قاره ایران مرکزی را بررسی کردند. نتایج طبقه‌بندی نشان داد حساسیت ذاتی واحدهای سنگ‌شناسی مهم‌ترین عامل در فرسایش و تولید رسوب است [27].

احمدی در روشی که به نام روش ژئومورفولوژی ارایه نموده است با به‌کارگیری نقشه‌های سنگ‌شناسی، شیب، جهت، ارتفاع و نیز تفسیر عکس‌های هوایی توانسته است به رخساره‌های فرسایش دست یافته و شدت فرسایش را تعیین نماید. قابل ذکر است که ایشان روش خود را در حوضه‌ی آبخیز بابااحمدی در زاگرس جنوبی آزموده و آن را برای ایران مناسب تشخیص داده است [۱]. جلالیان در ارزیابی مقدار رسوب‌دهی با مدل PSIAC در حوضه‌ی آبخیز شمال کارون به این نتیجه رسیده است که مدل PSIAC دارای هم‌بستگی خوبی با مقدار رسوب حاصل از ایستگاه رسوب‌سنجی بوده است [۴]. باقرزاده کریمی در پژوهشی در زیرحوضه‌ی اوزون دره از حوضه‌ی آبخیز قزل‌اوزن به این نتیجه رسیده است که مدل PSIAC با مقادیر اندازه‌گیری شده مطابقت خوبی داشته و هم‌چنین مدل EPM را مناسب برای سایر مناطق مشابه منطقه‌ی تحقیق دانسته است [۳]. با توجه به سابقه پژوهش در این زمینه حوضه‌ی آبخیز مدان که در یک منطقه خشک و نیمه‌خشک واقع است نیاز دارد تا با توجه به روش‌های مختلف تعیین حساسیت سازند با استفاده از عملیات میدانی و روش‌های تجربی مدل‌ها نقش هر یک از زیرحوضه‌ها در تولید فرسایش مشخص شود. از این‌رو در این پژوهش از چهار روش Fargas، BLM، MPSIAC، جدول فیض‌نیا و روش نفوذپذیری Hunt Bowen به‌ترتیب برای تعیین مناطق دارای پتانسیل هدر رفت خاک و

محسوب می‌شود. هارگون و همکاران در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که تلفات خاک به‌طور عمده وابسته به تفاوت در زمین‌شناسی و فعالیت‌های انسانی است [17].

ریبه و همکاران با بررسی عرصه‌های مختلف در کالیفرنیا و با استفاده از رادیونوکلوئیدها دریافتند میزان فرسایش و حساسیت‌پذیری سنگ‌ها با شرایط اقلیمی رابطه‌ی منطقی برقرار نمی‌نماید اما با خصوصیات سازندها ارتباط معنی‌داری را نشان می‌دهد [20]. متخصصین دیگر ژئومورفولوژیکی منطقه را مهم‌ترین عنصر در ایجاد حرکات توده‌ای دانسته و نقش نفوذپذیری و حساسیت به فرسایش را توأمأ بررسی نمودند [28,9,8,7]. روشی توسط فارگاس و همکاران ارایه شد که در آن با استفاده از دو عامل فرسایش‌پذیری نوع سنگ و تراکم زهکشی سعی در شناخت منابع منطقه‌ای رسوب‌زا (شدت فرسایش) در سطح منطقه‌ای داشت. محققین مذکور روش خود را در حوضه‌ی آبخیز ژوئین در شمال‌شرقی اسپانیا با سطحی معادل ۱۵۰۰ کیلومتر مربع آزمودند که دارای درشت‌نمایی ۷۸/۵٪ بود [11]. در ایران نیز تحقیقاتی مختلفی روی فرسایش‌پذیری سازندها صورت گرفته که نتایج آنان نشان می‌دهد خصوصیات سازندها مهم‌ترین عامل در ایجاد حساسیت و فرسایش‌پذیری محسوب می‌شود [29، 25]. نادر صفت و سعیدیان روند سیل‌خیزی در حوضه‌ی آبخیز کارده خراسان رضوی را مورد بررسی قرار دادند که نتایج نشان داد مهم‌ترین عامل در افزایش نرخ سیل‌خیزی خصوصیات سازندها و زمین‌شناسی منطقه می‌باشد [20].

شریعت‌جعفری و همکاران حساسیت ذاتی سازندهای زمین‌شناسی به هوازدگی و فرسایش در حوضه‌های

نفوذپذیری در واحدهای کاری مختلف حوضه آبخیز میدان الموت واقع در استان قزوین استفاده شد.

روش تحقیق

حوضه آبخیز میدان الموت از نظر موقعیت جغرافیایی بین $50^{\circ} 32' 30''$ تا $50^{\circ} 42' 00''$ طول شرقی و $36^{\circ} 18' 30''$ تا $36^{\circ} 24' 30''$ عرض شمالی واقع شده است. وسعت آن برابر $68/13$ کیلومتر مربع بوده و حداقل و حداکثر ارتفاع آبخیز مذکور به ترتیب 1301 و 4063 متر می باشد. هم چنین آبخیز مذکور محصور در بین ارتفاعات طالقان و تخت سلیمان از رشته کوه های البرز بوده و از سرشاخه های رودخانه الموت رود می باشد. از نظر تقسیمات کشوری، حوضه میدان

الموت در محدوده استان قزوین واقع شده است و از لحاظ تقسیمات زیراستانی جزو شهرستان قزوین و از نظر سطوح زیرشهرستان به بخش رودبار الموت تعلق دارد (شکل ۱). براساس امتیازات کارشناسی در محدوده مورد مطالعه اقدام به استفاده از روش های مذکور نموده و امتیازات هر بخش را مشخص نمودیم. شکل های ۲ تا ۵ واحد کوهرفتی واریزه ها در پای دامنه های شیلی واحد Ngm، فرسایش شیاری و آبراهه های شدید و فعال در سطح لایه های مادستونی زیر واحد gy، رخساره ژئومورفولوژیک آبرفت های بستر رودخانه (Qal) و فرسایش کناری در واحد Q1 در جنوب شرق لایه های شیلی واحد Ngc از حوضه آبخیز میدان را نشان می دهد.



شکل ۱- موقعیت حوضه آبخیز میدان واقع در زیرحوضه الموت [26]

در بخش‌های جنوب غربی حوضه رخنمون یافته‌اند. بخش‌هایی از قسمت‌های شمالی حوضه تحت پوشش واحد آبرفت‌های قدیم پلیستوسن قرار گرفته و در بخش‌هایی از حاشیه ارتفاعات در کنار رودخانه الموت رود واحد واریزه‌ها و در کنار و بستر رودخانه مزبور واحدهای دشت‌های سیلابی و آبرفت‌های بستر رودخانه دیده می‌شوند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که توده‌های لغزشی در زیر واحد مادستون، سیلتستون و گچ‌دار نئوژن در بخش‌های خروجی و بالادست روستای میدان قابل مشاهده‌اند. (شکل ۱).

براساس بررسی‌های به‌عمل آمده محدودده مورد مطالعه بخشی از زون ساختاری البرز و زیرزون منطقه جنوبی- مرکزی البرز مرکزی است. واحدهای آذرین و آذرآواری ائوسن (سازند کرج) با سنگ شناسی توف‌های اسیدی، گدازه‌های آندزیتی، آهک‌های متوسط لایه و توده‌های دلریتی در بخش‌های جنوبی و مرکزی حوضه، واحدهای نئوژن با سنگ شناسی ماسه‌سنگ، سیلتستون، شیل، سنگ رسی و گچ و هم چنین ماسه‌سنگ، برش و کنگلومرا در بخش‌های شمالی حوضه و واحد گدازه‌های تراکیتی کواترنری



شکل ۳- فرسایش شیاری و آبراه‌های شدید و فعال در سطح مادستونی زیر واحد gy و رخساره ژئومرفولوژیک



شکل ۲- واحد کوهرفتی واریزه‌ها (Qst) در پای دامنه‌های لایه‌های شیلی واحد Ngm



شکل ۵- واحد Q1 و توف‌های اسیدی (EKa) در جنوب شرق



شکل ۴- آبرفت‌های بستر رودخانه (Qal)، آبرفت‌های Qfp،

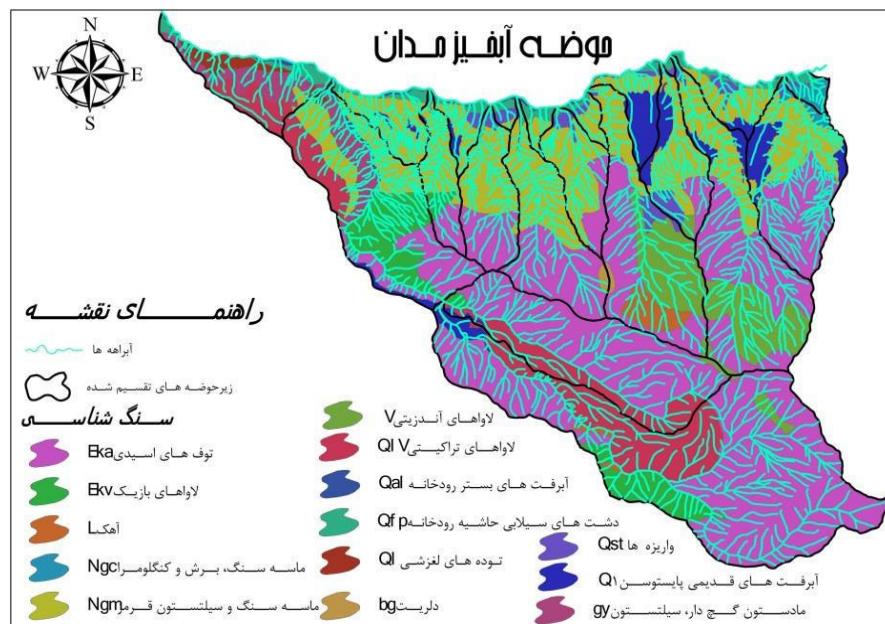
فرسایش کناری در لایه‌های شیلی واحد Ngc

حاصل از توپوگرافی منطقه از دقت قابل قبولی برخوردار شود.

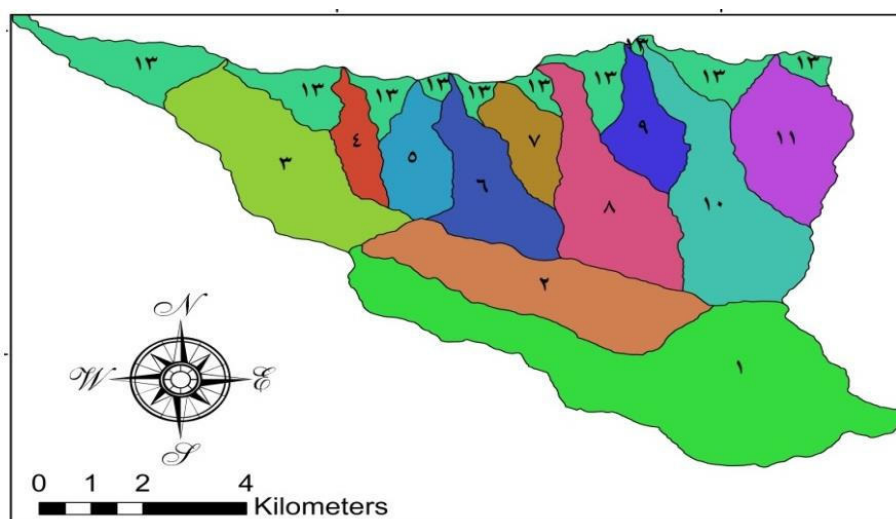
همچنین از نقاط مرتفع به سمت خروجی حوضه اقدام به شماره گذاری یا تعیین ID نمودیم و براساس نقشه زمین شناسی سنگ شناسی حوضه بررسی گردید (شکل ۷).

با توجه به وضعیت هیدرولوژیکی حوضه آبخیز و توپوگرافی منطقه، زیرحوضه‌ها به ۱۳ زیرحوضه (واحد هیدرولوژیکی) بوسیله نرم افزار ARC Hydro تقسیم شدند [26] (شکل ۶).

سپس با تصویر ماهواره‌ای لندست ETM⁺ ۲۰۰۶ این تقسیم‌بندی مورد بررسی قرار گرفت تا واحدهای



شکل ۶- زیرحوضه‌های تعیین شده از طریق تصویر لندست و پاسخ هیدرولوژیکی و توپوگرافی منطقه مورد مطالعه [26].



شکل ۷- زیرحوضه‌های شماره گذاری شده از نقاط مرتفع به سمت خروجی حوضه [26].

مدل Fargas

روی هم اندازی نقشه‌ی آبراهه‌ها و نقشه‌ی واحدهای همانگونه که در بخش مقدمه آورده شد این روش در سال ۱۹۹۷ توسط فارگاس و همکاران ابداع شده است. اجرای این مدل شامل مراحل ذیل می‌باشد. تعیین شاخص فرسایش پذیری (جدول ۱)، فرسایش با استفاده از ضریب ارزشی می‌باشد (جدول ۳).

جدول ۱- مقاومت سنگ به فرسایش [11]

مقاومت به فرسایش	جنس سنگ	شاخص سختی
سنگ‌های خیلی سخت	سنگ‌های بازیگ	۲-۰
	سنگ‌های اسیدی	۵-۰
	سنگ‌های دگرگونی	۴-۲
	ماسه سنگ‌های سخت شده	۵-۴
سنگ‌های سخت تا سست	سنگ‌های آهنی خردشونده	۴-۳
	دولومیت‌ها	۵-۳
	سنگ‌های پلاستیکی	۷-۶
	مارن و رس‌ژپس	۱۰-۸
سست	آبرفت قدیمی	۸-۴
	آبرفت جدید	۹-۷

جدول ۲- کلاس فرسایش براساس تراکم زهکشی [11]

کلاس	شدت فرسایش	تراکم زهکشی km/km^2	ارزش نسبی
۱	کم	< 0.1	۲
۲	متوسط	$0.1 < 0.5$	۴
۳	زیاد	$0.5 < 1$	۶
۴	شدید	$1 < 2$	۸
۵	بسیار شدید	≥ 1	۱۰

جدول ۳- معیار تعیین کلاس خطر فرسایش و رسوبزایی

کلاس	میزان خطر	ارزش نسبی
۱	کم	< 10
۲	متوسط	۲۰-۱۰
۳	زیاد	۳۰-۲۰
۴	شدید	۴۰-۳۰
۵	بسیار شدید	> 40

مدل MPSIAC

هر یک از عوامل ۹ گانه (جدول ۴) این امکان ایجاد می‌شود که میزان تولید رسوب در واحدهای مطالعاتی پس از امتیازدهی توسط جدول ۵ محاسبه شود.

این مدل، اصلاح شده مدل PSIAC ارائه شده توسط جانسون و گبهارت می‌باشد [18]. پس از تعیین امتیاز

جدول ۴- عوامل مؤثر در مدل MPSIAC و نحوه امتیازدهی به آن

ردیف	عامل مؤثر در فرسایش خاک و تولید رسوب	نحوه محاسبه امتیاز در روش MPSIAC	شرح متغیرها
۱	زمین شناسی سطحی یا سنگ شناسی	$Y_1 = X_1$	$X_1 =$ امتیاز حساسیت سنگ به فرسایش آبی
۲	خاک	$Y_2 = 16776 X_2$	$X_2 =$ عامل فرسایش پذیری خاک در معادله USLE می باشد
۳	آب و هوا	$Y_3 = 0.2 X_3$	$X_3 =$ بارندگی ۶ ساعته با دوره برگشت ۲ ساله
۴	رواناب (جریان‌های سطحی)	$Y_4 = 0.2 X_4$	$X_4 =$ (حجم هر ز آب سالانه * ۰/۳۰ + دبی پیک سالانه به متر مکعب بر ثانیه در کیلومتر مربع * ۵۰)
۵	پستی و بلندی	$Y_5 = 0.2 X_5$	$X_5 =$ شیب متوسط حوضه بر حسب درصد
۶	پوشش زمین	$Y_6 = 0.2 X_6$	$X_6 =$ درصد زمین لخت
۷	استفاده از زمین (کاربری اراضی)	$Y_7 = 20 - 0.2 X_7$	$X_7 =$ درصد تاج پوشش
۸	وضعیت فعلی فرسایش	$Y_8 = 0.25 X_8$	$X_8 =$ وضعیت سطح خاک و فرسایش با استفاده از روش B.L.M انجام گرفته، جهت تعیین این ضریب هفت عامل دخالت داده شده- اند که عبارتند از ۱- فرسایش سطحی ۲- لاشبرگ سطحی ۳- پوشش گیاهی ۴- آثار تخریب خاک و گیاه ۵- فرسایش شیبی و ابعاد آن ۶- جریان‌های سطحی و رسوبات آن ۷- اشکال فرسایش خندقی (گالی) و درصد آن، به عبارت دیگر مجموع امتیازات مدل B.L.M
۹	فرسایش رودخانه‌ای	$Y_9 = 1/67 X_9$	$X_9 =$ امتیاز فرسایش خندقی در مدل B.L.M

جدول ۵- تعیین وضعیت فرسایش و دامنه و مقدار کمی آن در مدل

کلاس فرسایش	وضعیت شدت فرسایش	دامنه مقدار کمی فرسایش (مترمکعب در کیلومتر مربع)	مجموع امتیازات
V	خیلی زیاد	> ۱۴۲۹	> ۱۰۰
IV	زیاد	۴۷۶-۱۴۲۹	۷۵-۱۰۰
III	متوسط	۲۳۸-۴۷۶	۵۰-۷۵
II	کم	۹۵-۲۳۸	۲۵-۵۰
I	خیلی کم	< ۹۵	۰-۲۵

مدل BLM

جدول فیض‌نیا: واحدهای سنگی و رسوبی

حوضه‌ی مورد مطالعه در طیف زمانی ائوسن، عهد حاضر قرار می‌گیرند. این واحدها از نوع ماسه‌سنگ، آندزیت، دلریت، بازالت، آهک، شیل، سنگ رسی، سیلتستون، کنگلومرا، آبرفت‌های قدیمی، مواد واریزه‌ای، رسوبات دشت سیلابی، آبرفت‌های بستر رودخانه و توده‌های لغزشی می‌باشند [21]. براساس مطالعات صورت گرفته در بخش صحرایی ۱۴ سازند در منطقه مورد شناسایی قرار گرفت (شکل ۲) که براساس جدول فیض‌نیا (جدول ۶) میزان امتیاز هر واحد سنگی می‌تواند حساسیت متفاوتی نسبت به واحد سنگی دیگر داشته باشد (جدول ۷). با استفاده از جدول ۷، رده‌های کمی فرسایش‌پذیری واحدهای سنگ شناسی و توسط جدول ۷، رده‌های کیفی فرسایش‌پذیری واحدهای لیتولوژیک محاسبه گردید.

این روش توسط دفتر مدیریت اراضی آمریکا ابداع شده است و توسط هفت فاکتور حرکت خاک، وجود لاشبرگ در سطح خاک، وضعیت سنگ‌ها، قطعات سنگی تحکیم یافته، وجود فرسایش شیاری، فرم آبراهه‌ها و وجود فرسایش خندقی میزان فرسایش‌پذیری حوضه را تعیین می‌کند. چنانچه جمع امتیازات ارزیابی داده شده به ۷ فاکتور مورد نظر، بین ۰-۲۰ باشد، نسبت به فرسایش مقاوم، بین ۲۱-۴۰ تقریباً مقاوم، بین ۴۱-۶۰ متوسط، ۶۱-۸۰ حساس، ۸۱-۱۰۰ خیلی حساس ارزیابی می‌شود. اگرچه ارزیابی عوامل مؤثر در ابتدا به صورت کمی انجام می‌گیرد، اما تقسیم‌بندی نهایی به صورت یک ارزیابی کیفی است. تهیه‌ی نقشه‌ی تیپ فرسایش یا تعیین امتیاز سطحی خاک (Soil Surface Factor) توسط جدول استاندارد BLM محاسبه می‌شود.

جدول ۶- رده‌های کیفی فرسایش‌پذیری واحدهای سنگ شناسی

امتیاز فرسایش‌پذیری*	رده کیفی فرسایش‌پذیری
۰-۲	مقاوم به فرسایش
۲-۴	نسبتاً مقاوم به فرسایش
۴-۶	نسبتاً فرسایش‌پذیر
۶-۸	فرسایش‌پذیر
۸-۱۰	حساس به فرسایش

* عدد حداکثر هر رده مربوط به همان رده است به عبارت دیگر امتیاز ۲ در رده مقاوم به فرسایش مربوط به همان رده بوده و در رده دوم که بازه ۲ تا ۴ را شامل می‌شود قرار نمی‌گیرد.

جدول ۷- رده‌های کیفی فرسایش‌پذیری واحدهای سنگ شناسی

نام سازند، واحد سنگی و یا واحد آبرفتی	نام زیر واحد	نماد در نقشه زمین شناسی	لیتولوژی غالب	امتیاز مقاومت لایه‌های سنگی و آبرفتی در برابر فرسایش [۵]	میانگین وزنی امتیاز سازندها و واحدهای سنگی و آبرفتی در برابر فرسایش [۵]	امتیاز سازندها، واحدهای سنگی و آبرفتی در محاسبه رسوبدهی به روش MPSIAC	رده کیفی سازندها، واحدهای سنگی و آبرفتی از نظر فرسایش‌پذیری
سازند کرج	بخش تفکیک نشده	Eka	توف	۷	۸/۳	۵/۷	نسبتاً فرسایش‌پذیر
			روانه‌های آندزیتی	۱۱			
			دلریت	۱۱			
			آهک	۷			
	روانه‌های آندزیتی	V	آندزیت	۱۱	۱۱	۳/۵	نسبتاً مقاوم به فرسایش
	دلریت	bg	دلریت	۱۱	۱۱	۳/۵	نسبتاً مقاوم به فرسایش
آهک	L	آهک	۷	۷	۵/۸	فرسایش‌پذیر	
گدازه‌های بازیک	---	EKV	بازالت	۱۲	۱۲	۲/۹	نسبتاً مقاوم به فرسایش
ماسه‌سنگ، سیلتستون، شیل، مادستون و گچ	بخش تفکیک نشده	Ngm	ماسه‌سنگ	۷	۷	۶/۴	فرسایش‌پذیر
			سیلتستون	۷			
			شیل	۵			
	مادستون، گچ و سیلتستون	gy	مادستون	۴	۴	۷/۵	فرسایش‌پذیر
			گچ	۲			
			سیلتستون	۷			
ماسه‌سنگ، برش و کنگلومرا	---	Ngc	ماسه‌سنگ	۷	۷	۵/۹	نسبتاً فرسایش‌پذیر
			برش	۷			
			کنگلومرا	۷			
گدازه‌های تراکیتی	---	QIV	تراکیت	۹	۹	۴/۷	نسبتاً فرسایش‌پذیر
آبرفت‌های قدیمی پلیستوسن	---	Q1	کابل و پیل در زمینه‌ای از سیلت و رس	۱/۵	۱/۵	۹/۱	حساس به فرسایش
توده‌های لغزشی	---	QL	توده‌های لغزشی در واحد gy	۳	۳	۸/۲	حساس به فرسایش
واریزه‌ها	---	Qst	کابل و پیل در زمینه‌ای از ماسه	۱	۱	۹/۴	حساس به فرسایش
دشت‌های سیلابی	---	Qfp	سیلت، رس و ماسه	۱/۲	۱/۲	۹/۲	حساس به فرسایش
آبرفت‌های بستر رودخانه	---	Qal	کابل و پیل در زمینه‌ای از ماسه	۱	۱	۹/۴	حساس به فرسایش

تخلخل درزه‌ای مفید محاسبه و سپس بر اساس جدول ۸ به عنوان معیار استاندارد هانت مجموع مساحت‌های هر سنگ با نفوذپذیری مشابه در محیط GIS محاسبه شد. به عنوان مثال در زیرحوضه ۴ مجموع مساحت بخش‌های روانه‌های آندزیتی، دلریت، آهک و توف که در یک زیرگروه قرار دارند با هم جمع و براساس جدول ۸ از نظر نفوذپذیری در بخش بسیارکند قرار گرفتند و سایر بخش‌ها نیز با دیگر بخش‌ها به صورت تلفیقی و امتیاز بالاتر و مساحت بیشتر طبقه‌بندی شدند. این جدول در ذیل آورده شده است (جدول ۸).

جدول هانت و بوون: در تعیین میزان نفوذپذیری سنگ، علاوه بر اختصاصات بخش بکر سنگ، ویژگی‌های ناپیوستگی‌های آن نیز در این زمینه مؤثر است. لذا پس از تعیین میزان نفوذپذیری بخش بکر سنگ بر اساس نتایج محققان در سایر نقاط دنیا، بر اساس اختصاصات ناپیوستگی‌ها که در طول عملیات صحرایی برداشت شده نفوذپذیری توده سنگ برآورد شده است. ابتدا لیتولوژی سنگ مشخص گردید و توسط مشاهدات صحرایی (شکل‌های ۸ تا ۱۰) درصد تخلخل و نفوذپذیری بخش بکر سنگ و درصد



شکل ۹- ایستگاه درزه‌نگاری شماره (۳) در سنگ سیلتی واحد

شکل ۸- ایستگاه درزه‌نگاری ۴ در ماسه سنگ‌های واحد



شکل ۱۰- ایستگاه درزه‌نگاری ۵ در توف‌های اسیدی واحد

جدول ۸- تخلخل و نفوذپذیری بخش بکر سنگ و توده سنگ در حوضه آبخیز میدان الموت [30]

طبقه بندی کیفی نفوذپذیری	میزان نفوذپذیری (Cm/h)	درصد تخلخل درزه- ای مفید	نفوذپذیری بخش بکر سنگ (Cm/h)	درصد تخلخل بخش بکر سنگ	لیتولوژی	نام سازند، واحد سنگی و آبرفتی	
بسیار کند	۰/۵-۱/۲۷	۲/۱	<۱	۰/۰۰۱-۵	توف	بخش تفکیک نشده (توف های اسیدی) Eka	سازند کرج
	۰/۵-۱/۲۷	۲/۸۶	<۱	۰/۰۰۱-۵	روانه های آندزیتی		
	۰/۵-۱/۲۷	۵	<۱	۰/۰۰۱-۵	دلریت		
	۰/۵-۱/۲۷	۱/۳۳	۰/۰۵	۰/۰۰۱-۵	آهک		
بسیار کند	۰/۵-۱/۲۷	۲/۸۶	<۱	۰/۰۰۱-۵	روانه های آندزیتی V	بخش تفکیک شده	
	۰/۵-۱/۲۷	۵	<۱	۰/۰۰۱-۵	دلریت bg		
	۰/۵-۱/۲۷	۱/۳۳	۰/۰۵	۰/۰۰۱-۵	آهک L		
بسیار کند	۰/۵-۱/۲۷	۲/۹	<۱	۰/۰۰۱-۵	بازالت	گدازه های بازیک Ekv	
بسیار کند - کند	۱/۲۷-۳/۸۳	۵	۱/۲۹	۰/۱-۲۵	ماسه سنگ	ماسه سنگ، سیلتستون، شیل، Ngm	ماسه سنگ، سیلتستون، شیل، سنگ رسی، گچ
	۰/۵-۱/۲۷	۴/۸	۰/۰۵	۰/۰۰۱-۵	سیلتستون		
	۰/۵-۱/۲۷	۵/۸۳	۰/۰۵	۵-۱۵	شیل		
بسیار کند	۰/۵-۱/۲۷	۴/۸	۰/۰۵	۰/۰۰۱-۵	سیلتستون	سیلتستون، مادستون، گچ، gy	
	۰/۵-۱/۲۷	۱/۲	$۱۰^{-۴} \times ۱۰۸$	۲/۹	مادستون		
	۰/۵-۱/۲۷	۱/۱	۰/۰۲	۰/۰۰۱-۵	گچ		
بسیار کند - کند	۱/۲۷-۳/۸۳	۳/۱	۱/۲۹	۰/۱۰۰-۲۵	ماسه سنگ	ماسه سنگ، برش، کنگلومرا، Ngc	
	۰/۵-۱/۲۷	۰/۶۷	۱/۲۹	۰/۱-۲۵	برش		
	۰/۵-۱/۲۷	۰/۶۷	۱/۲۹	۰/۱-۲۵	کنگلومرا		
بسیار کند	۰/۵-۱/۲۷	۲/۲	<۱	۰/۰۰۱-۵	تراکیت	گدازه های تراکیتی QIV	
متوسط	۳/۸۱-۷/۶۲	---	۳/۸۱-۷/۶۲	۲۵-۳۵	کابل، پیل در زمینه ای ازسیت و رس	آبرفت های قدیمی پلیستوسن Q1	
بسیار کند	۰/۵-۱/۲۷	۴/۷	$۱۰^{-۴} \times ۱۰۸$	۰/۰۰۱-۵	توده لغزشی در واحد gy	توده های لغزشی QI	
متوسط	۳/۸۱-۷/۶۲	---	۳/۸۱-۷/۶۲	۲۵-۳۵	کابل و پیل در زمینه ای از ماسه	واریزه Qst	
کند	۱/۲۷-۳/۸۳	---	۱/۲۷-۳/۸۳	۲۵-۳۵	سیت، رس و ماسه	دشت سیلابی Qfp	
تند	۳/۸۱-۷/۶۲	---	۳/۸۱-۷/۶۲	۲۵-۳۵	کابل و پیل در زمینه ای از ماسه	آبرفت های بستر رودخانه Qal	

نتایج و بحث

فرسایش تبدیل و پس از میانگین گیری وزنی برای هر واحد سنگی (بر اساس گسترش سطحی هر سنگ) امتیاز حساسیت به فرسایش هر سنگ محاسبه شد. همچنین گسترش سطحی هر یک از رده های کیفی فرسایش در واحدهای هیدرولوژیک حوضه ی آبخیز مورد مطالعه در محیط نرم افزار Arc GIS به هکتار محاسبه شد (جدول ۹).

تعیین مقاومت سنگها: با توجه به (جدول ۱ تا ۸) و با استفاده از جدول فیض نیا و اختصاصات مؤثر در فرسایش پذیری، میزان مقاومت سنگها در برابر فرسایش تخمین زده شده و در ادامه براساس مشاهدات صحرایی داده ها اصلاح گردید [۵]. سپس ویژگی مقاومت در برابر فرسایش به حساسیت به

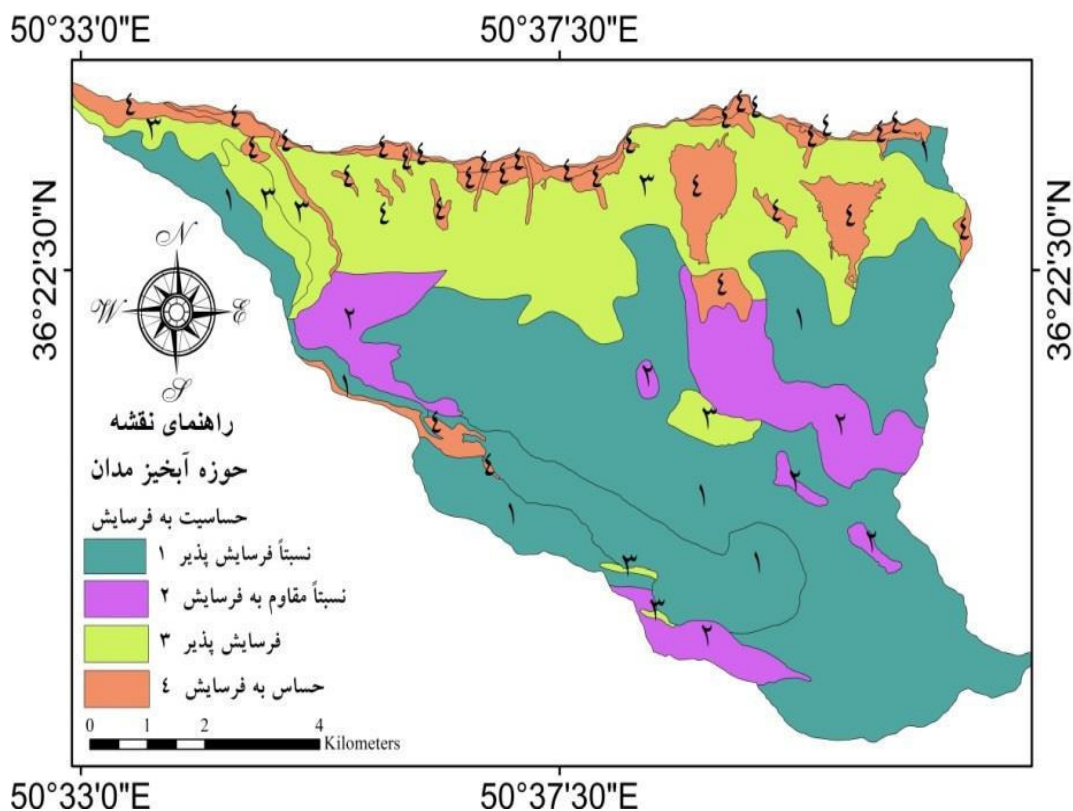
جدول ۹- گسترش سطحی هر یک از رده های کیفی نفوذ پذیری واحدهای سنگی در حوضه ی آبخیز میدان الموت

واحد کاری	بسیار کند	کند تا بسیار کند	متوسط	تند	کند	جمع
۱	۱۵۴۴/۶۴۸	---	۳۰/۷۵۷	---	---	۱۵۷۵/۴۰۵
۲	۶۸۰/۳۸۶	---	۵/۸۲۹	---	---	۶۸۶/۲۱۵
۳	۵۰۹/۷۹۳	۱۶۳/۷۸۹	۱۵/۰۴۶	۱۶/۹۷	۰/۰۶۶	۷۰۵/۶۶۴
۴	۲۷۳۴/۸۲۷	۱۶۳/۷۸۹	۵۱/۶۳۲	۱۶/۹۷	۰/۰۶۶	۲۹۶۷/۲۸۴
۵	۵۸/۳۴۴	۸۹/۵۴۵	۲/۵۷۸	۲/۵۴۹	۱/۲۶۹	۱۵۴/۲۸۵
۶	۱۰۳/۵۹۷	۱۳۹/۶۶۵	۶/۰۹۵	۳/۷۳۹	۰/۶۴۸	۲۵۳/۷۸۵
۷	۲۲۰/۰۴۳	۱۶۷/۰۹۲	۰/۱۱۹	۵/۴۸	۲/۰۷۹	۳۹۴/۸۱۳
۸	۵۰/۰۳۴	۱۴۰/۰۴۳	۱۳/۰۴۸	۰/۳۴	۲/۵۹۹	۲۰۶/۰۶۴
۹	۴۵۹/۲۴۶	۷۸/۱۹۷	۲۶/۹۸۷	۰/۰۴۴	۰/۳۴۳	۵۶۴/۸۱۷
۱۰	۴۵/۶۹۹	۱۲۵/۰۸۴	۶۲/۰۴	۰/۰۶	۰/۹۶۳	۲۳۳/۸۴۶
۱۱	۵۲۶/۲۰۹	۱۴۰/۷۵۳	۳۱/۳۱۱	۰/۰۳۳	۱/۶۵۷	۶۹۹/۹۶۳
۱۲	۲۳۰/۳۶۶	۱۷۲/۹۹	۶۸/۹۹۵	۰/۰۴۳	۱/۷۲۶	۴۷۴/۰۸
۱۳	۲۱۳/۳۹۱	۳۵۵/۳۴۴	۱۴۴/۹۶۸	۳۷/۵۶۱	۱۱۲/۰۸۱	۸۶۳/۳۵۵
مجموع	۴۶۴۱/۷۵۶	۱۵۷۲/۵۱۲	۴۰۷/۷۳۳	۶۶/۸۱۹	۱۲۳/۴۷۲	۶۸۱۲/۲۹۲
میانگین	۲۳۰/۳۶۶	۱۴۰/۷۵۳	۲۶/۹۸۷	۲/۵۴۹	۱/۲۶۹	۵۶۴/۸۱۷

مساحت هر بخش نقشه نهایی حاصل گردید. شکل ۳ نشان می‌دهد با استفاده از روش‌های مذکور و لایه‌های سنگی موجود و نظر کارشناسانه محدوده مورد مطالعه بخش اعظم جنوب حوضه میدان در رده نسبتاً فرسایش پذیر قرار گرفته است.

قسمت‌های شمال حوضه در بخش خروجی که محل تجمع آبرفت‌های حاصله از دامنه حوضه می‌باشد دارای حساسیت به فرسایش بوده و به‌خصوص در مجاورت رود فصلی شمال حوضه این بخش به صورت متمرکز در معرض فرسایش قرار دارد. بر همین اساس حوضه میدان الموت به ۴ بخش حساسیت پذیری در محیط GIS تقسیم و در شکل ۱۱ نشان داده شده است.

تعیین امتیازات حساسیت به فرسایش: با توجه به امتیاز لایه‌های سنگی و آبرفتی در برابر فرسایش کمترین امتیاز حساسیت به فرسایش در حوضه آبخیز میدان الموت مربوط به لاوهای بازیک بوده و بیش‌ترین امتیاز حساسیت به فرسایش مربوط به واریزه‌ها، آبرفت‌های بستر رودخانه و دشت‌های سیلابی می‌باشد [12]. با توجه به سازندهای موجود در منطقه مساحت هر یک از زیرحوضه‌ها براساس مقاومت به فرسایش و حساسیت به فرسایش تعیین شد (جدول ۱۰). در این بخش مجموع امتیازات مربوط به هر روش تعیین و سپس میانگین آن‌ها به دست آمد. هر روش به صورت یک لایه در محیط GIS ترسیم شد و با تلفیق لایه‌ها از نظر حساسیت به فرسایش و



شکل ۱۱- حساسیت زیرحوضه‌ها نسبت به فرسایش با استفاده از مدل‌های Fargas، BLM، MPSIAC

جدول ۱۰- گسترش سطحی هر یک از رده‌های کیفی حساسیت به فرسایش واحدهای سنگی در واحدهای

واحد کاری	نسبتاً فرسایش پذیر	نسبتاً مقاوم به فرسایش	فرسایش پذیر	حساس به فرسایش	جمع
۱	۱۳۸۹/۰۶	۱۴۳/۲۷۵	۱۲/۳۰۹	۳۰/۷۵۷	۱۵۷۵/۴۰۵
۲	۶۶۵/۳۵۴	۱۵/۰۳۲	---	۵/۸۲۹	۶۸۶/۲۱۵
۳	۲۳۹/۸۹	۱۸۳/۹۱	۲۴۶/۰۲۴	۳۵/۸۴	۷۰۵/۶۶۴
۴	۲۲۹۴/۳۰۸	۳۴۲/۲۱۷	۲۵۸/۳۳۳	۷۲/۴۲۶	۲۹۶۷/۲۸۴
۵	۴۰/۴۲۲	۱۷/۹۲۳	۸۹/۵۴۵	۶/۳۹۶	۱۵۴/۲۸۶
۶	۱۰۳/۵۹۷	---	۱۳۹/۶۶۵	۱۰/۵۲۳	۲۵۳/۷۸۵
۷	۲۱۱/۴۲۸	۸/۶۱۶	۱۶۷/۰۹۲	۷/۶۷۸	۳۹۴/۸۱۴
۸	۵۰/۰۳۴	---	۱۴۰/۰۴۳	۱۵/۹۸۷	۲۰۶/۰۶۴
۹	۲۰۲/۳۸۹	۱۹۵/۶۸۴	۱۳۹/۳۷	۲۷/۳۷۴	۵۶۴/۸۱۷
۱۰	۳۶/۱۲۶	۹/۵۷۲	۱۲۵/۰۸۴	۶۳/۰۶۳	۲۳۳/۸۴۵
۱۱	۳۲۷	۱۹۹/۲۰۸	۱۴۰/۷۵۳	۳۳	۶۹۹/۹۶۱
۱۲	۲۴۶/۷۴۶	---	۱۵۶/۶۱	۷۰/۷۲۸۵	۴۷۴/۰۸۱
۱۳	۹۹/۸۷۲	---	۴۱۷/۷۷۳	۳۴۵/۷۱	۸۶۳/۳۵۵
مجموع	۳۶۱۱/۹۲۲	۷۷۳/۲۲	۱۷۷۲/۲۶۸	۶۵۲/۸۸۲	۶۸۱۲/۲۹۲
میانگین	۲۱۱/۴۲۸	۱۴۳/۲۷۵	۱۴۰/۳۹۸	۳۰/۷۵۷	۵۶۴/۸۱۷

روش‌های به‌کار رفته از امتیاز کمتری برخوردار بوده و مقاوم‌ترین واحد نسبت به فرسایش می‌باشد. همچنین واحدهای کاری ۵، ۸ و ۱۳ نیز از حساسیت کمتری نسبت به فرسایش برخوردار می‌باشند. به‌طور کلی روش‌های تجربی Fargas، MPSIAC و BLM فرسایش‌پذیری متوسط را برای حوضه مشخص کردند و روش امتیازات فیض‌نیا و امتیازات نفوذپذیری هانت و بوون به‌ترتیب حساسیت حوضه را فرسایش‌پذیر و نفوذ را بسیار کند تعیین کردند. جدول ۱۱ مجموع امتیازات روش‌های Fargas، MPSIAC، BLM، جدول فیض‌نیا در حساسیت‌پذیری حوضه و نفوذ-پذیری هانت و بوون را مشخص می‌نماید. مجموع امتیازات براساس جدول نهایی، هر یک از روش‌های ارزیابی فرسایش را متوسط و نفوذپذیری را بسیار کند نشان می‌دهد. اما امتیازات حاصل از جدول فیض‌نیا بخش اعظم حوضه را فرسایش‌پذیر نشان می‌دهد.

اولویت‌های برنامه‌ریزی: در جدول ۱۰ زیرحوضه ۴ و ۱ بیشترین مساحت حساسیت به فرسایش و زیرحوضه ۵ کمترین مساحت حساس به فرسایش را به خود اختصاص می‌دهد. قسمت اعظم زیرحوضه ۴ و ۱ به‌ترتیب ۲۲۹۴/۳۰۸ هکتار و ۱۳۸۹/۰۶ هکتار نسبتاً فرسایش‌پذیر بوده و در مجموع و میانگین، بخش نسبتاً فرسایش‌پذیر به‌ترتیب ۳۶۱۱/۹۲۲ و ۲۱۱/۴۲۸ در حوضه مورد مطالعه نسبت به سایر رده‌ها بالاتر می‌باشد. با توجه به نتایج حاصل از به‌کارگیری روش‌های مختلف ارزیابی فرسایش در حوضه‌ی آبخیز مشخص گردید که واحد کاری ۴ در همه روش‌های به‌کارگرفته شده از امتیاز بالایی برخوردار می‌باشد بنابراین این واحد کاری را می‌توان بعنوان فرسایش‌پذیرترین واحد حوضه معرفی کرد. واحدهای کاری ۲، ۱۱ و ۱۲ نیز از حساسیت بالایی نسبت به فرسایش برخوردار می‌باشند. واحد کاری ۱۰ نیز تقریباً در همه

جدول ۱۱- امتیازات حاصل از به‌کارگیری روش‌های مختلف در حوضه آبخیز میدان الموت

واحد کاری	امتیازات Fargas	امتیازات MPSIAC	امتیازات BLM	امتیازات فیض‌نیا [۵]	امتیازات هانت و بوون
۱	۴۴/۱	۵۱/۳	۴۵	۶/۴	متوسط
۲	۳۵/۷	۴۷/۱	۴۲/۸	۷/۵	متوسط
۳	۴۸/۱	۴۴/۴	۵۰/۵	۵/۹	بسیار کند
۴	۳۲/۶	۴۲/۴	۳۹	۳/۵	بسیار کند
۵	۴۶/۷	۶۲/۴	۴۶	۵/۸	بسیار کند
۶	۳۲/۸	۵۶/۶	۳۶/۵	۹/۴	تند
۷	۳۵/۷	۴۹/۱	۴۵	۹/۲	تند
۸	۴۶/۷	۴۷/۴	۴۸/۴	۴/۷	بسیار کند
۹	۴۴/۱	۴۹/۲	۵۰/۷	۹/۱	تند
۱۰	۳۵/۷	۵۳/۲	۳۹/۳	۵/۷	بسیار کند
۱۱	۴۶/۷	۴۹/۸	۳۵/۷	۳/۵	بسیار کند
۱۲	۴۸/۱	۵۹/۱	۵۰/۷	۸/۲	تند
۱۳	۳۲/۸	۴۸/۶	۳۹	۲/۹	بسیار کند
مجموع	۵۲۹/۸	۶۶۰/۶	۵۶۸/۶	۸۱/۸	-
میانگین	۴۰/۷۵	۵۰/۸۱	۴۳/۷۳	۶/۲۹	-
ارزیابی	متوسط	متوسط	متوسط	فرسایش‌پذیر	بسیار کند

حوضه‌های هیدرولوژی یک حوضه‌ی آبخیز ارزیابی نمود. همچنین می‌توان میزان فرسایش و ضریب فرسایش‌پذیری زیرحوضه‌ها و کل حوضه‌ی آبخیز را محاسبه نمود تا دقت و اطمینان کار در استفاده از مدل‌های تجربی به‌دست آید [۲]. نتایج کار ایشان نشان می‌دهد که میزان رسوب ویژه سالانه تخمین زده شده با استفاده از دو مدل EPM و PSIAC دارای تفاوت‌هایی با یکدیگر می‌باشند که تصمیم‌گیری را در مورد تعیین میزان رسوب برای هر یک از واحدها و زیرحوضه‌ها مشکل می‌کند. اما پس از تأثیر عوامل ژئومورفولوژیکی بر روی مدل PSIAC مشاهده می‌شود که میزان رسوب ویژه سالانه تخمین زده شده با استفاده از دو مدل EPM و PSIAC به یکدیگر نزدیک شده که این امر موجب اطمینان نسبی از صحت مقادیر برآورد شده توسط دو مدل فوق را فراهم می‌آورد. در این پژوهش نیز پس از تعیین واحدها و هر رخساره‌ی زمین‌شناسی اقدام به بررسی فرسایش و نفوذپذیری گردید که نتایج سنگ‌شناسی در پژوهش احمدی و محمدی و پژوهش حاضر نشان می‌دهد بخش بکر سنگ اهمیت بسیار بالایی در تولید رسوب و فرسایش دارد. این نتیجه زمانی مشهود است که زیرحوضه‌ی ۲ در تحقیق احمدی و محمدی [۱]. نسبت به رخساره توده‌سنگی حساسیت شدیدتری نشان می‌دهد. این پژوهش نیز نقش توده سنگی یا بخش بکر سنگ را معیار سنجش و ارزیابی قرار داده و هر یک از واحدها را براساس آن تقسیم‌بندی و سپس براساس مساحت فرسایش‌پذیری اولویت‌بندی می‌نماید. این پژوهش نیز نشان می‌دهد همانند تحقیقات احمدی و محمدی نقش بکر سنگ مهم‌ترین عامل در تعیین حساسیت‌پذیری حوضه‌ی آبخیز بدان

در این تحقیق برای اولین بار در ایران از مدل‌های Fargas، BLM، MPSIAC، جدول فیض‌نیا در حساسیت به فرسایش و نفوذپذیری هانت و بوون در حوضه‌ی آبخیز بدان به‌صورت منسجم استفاده شد. نتایج نشان داد در روش فارگاس و همکاران، MPSIAC و جدول فیض‌نیا به‌طور میانگین شدت فرسایش متوسط می‌باشد و در روش BLM نیز سطح حوضه دارای شدت فرسایش متوسط و میزان نفوذپذیری کل حوضه بسیار کند می‌باشد. همچنین با وجود در نظر گرفتن دو عامل در مدل فارگاس و همکاران و هفت عامل در مدل BLM، ۹ عامل در MPSIAC و تنها در نظر گرفتن بخش بکر سنگ در جدول فیض‌نیا در حالت کلی روش‌ها دارای توافق با یکدیگر در شدت فرسایش از نظر کیفی می‌باشند.

از دیگر مدل‌های تعیین شدت فرسایش می‌توان به مدل‌های FAO و PSIAC اشاره کرد [۱]. اما در تحقیق حاضر برای اولین بار از چهار مدل Fargas، BLM، MPSIAC، جدول فیض‌نیا به‌صورت مقایسه‌ای در کشور استفاده شده است. از مزایای مدل‌های مورد استفاده در این تحقیق کم بودن عوامل در مدل فارگاس و جداول فیض‌نیا می‌باشد، بنابراین در صورتی که مطالعات در مرحله مقدماتی و توجیهی باشد می‌توان از روش فارگاس استفاده نمود. علاوه بر این مزیت در مراحل تفصیلی و دقیق‌تر می‌توان از مدل‌های BLM، MPSIAC، جدول فیض‌نیا و در مراحل تکمیلی از روش نفوذپذیری هانت و بوون نیز استفاده کرد. احمدی و محمدی برای اجرای مدل‌های EPM و PSIAC به این نتیجه رسیده‌اند که در ابتدا باید حوضه‌ی آبخیز به واحد، تیپ، رخساره و واحد کاری تقسیم شود و عوامل مدل‌ها را در زیر

می‌باشد و معیار تصمیم‌گیری حساسیت به فرسایش برآورد شده است. باتوجه به شرایط طبیعی، در کشور مدل خاصی برای برآورد فرسایش و رسوب به صورت کمی وجود ندارد و اگر هم از مدلی استفاده شود بیش‌تر جنبه‌ی کیفی داشته و جزو مدل‌های وارداتی محسوب می‌شود. لذا پیشنهاد می‌شود با در نظر گرفتن عوامل مختلف مؤثر در فرسایش به دنبال ایجاد مدل‌های متناسب با شرایط طبیعی کشور باشیم. در کشور ایران به دلیل کمبود و یا نواقص آماری اطلاعات مورد نیاز مدل‌های مورد بررسی، از بسیاری از مدل‌ها استفاده نمی‌شود. در پژوهش‌های صورت گرفته از جمله احمدی و محمدی در مطالعه‌ای که به ارزیابی مدل‌های PSIAC و EPM به دلیل کمبود آمار و اطلاعات مورد نیاز انجام دادند، از روش MPSIAC استفاده ننموده و با تهیه نقشه‌ی ژئومورفولوژی و تعیین رخساره‌ها مدل PSIAC را تکمیل کردند [۲]. لذا اهمیت مدل‌هایی نظیر Fargas و BLM قابل توجه است. باتوجه به جداول تعیین حساسیت به فرسایش و نفوذپذیری رواناب سازندها و نقشه‌های به دست آمده و مساحت هر یک از رده‌های کیفی طبقه‌بندی، قسمت اعظم حوضه‌ی آبخیز میدان الموت نسبتاً فرسایش‌پذیر بوده و میزان نفوذ رواناب در آن کند است. امتیاز حساسیت به فرسایش این منطقه با توجه به جداول امتیازات به طور متوسط ۵/۷ بوده و از نظر حساسیت در رده تقریباً متوسطی قرار می‌گیرد.

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد جهت پیش‌گیری از فرسایش خاک و ایجاد سیل زیرحوضه‌های ۴ و ۱ در اولویت بوده و سایر زیرحوضه‌ها در اولویت‌های بعدی قرار می‌گیرند. در صورتی که برنامه‌های اجرایی جهت مبارزه با فرسایش و تولید رسوب در منطقه

صورت گیرد، پیشنهاد می‌شود در اولویت اول به ترتیب زیر حوضه ۴ و ۱، در اولویت دوم به ترتیب زیر-حوضه‌های ۲، ۱۱، ۱۲، ۳، ۷، ۹ و در اولویت سوم به-ترتیب زیرحوضه‌های ۶، ۱۳، ۸، ۵، ۱۰ مورد اجرای طرح‌های مبارزه با فرسایش قرار گیرند. در صورتی که هدف میزان نفوذ رواناب و جلوگیری از ایجاد سیل باشد به ترتیب زیرحوضه ۴ به مساحت ۲۷۳۴/۸۲۷ هکتار و ۱ به مساحت ۱۵۴۴/۶۴۸ هکتار در اولویت اول، زیرحوضه‌های ۲، ۱۱، ۳، ۹، ۱۲، ۷، ۱۳ به ترتیب در اولویت دوم و زیرحوضه‌های ۶، ۵، ۸، ۱۰ به ترتیب در اولویت سوم قرار می‌گیرند. منطقه‌ی مورد مطالعه بیش‌تر از نوع سازند کرج بوده و شامل توف، روانه-های آندزیتی، دلریت و آهک می‌باشد و ویژگی‌های این سازند نقش مؤثری در مقاومت به فرسایش حوضه‌ی آبخیز مذکور دارد. نتایج این تحقیق بررسی-های صورت گرفته توسط قلی پوری و همکاران را تأیید نموده و عامل زمین‌شناسی را مهم‌ترین عامل در فرسایش برآورد می‌نماید [23].

نتیجه گیری

نتایج این پژوهش همانند تحقیقات [۶]. مدل Fargas را تنها دو عامل فرسایش‌پذیری نوع سنگ و تراکم زهکشی را در هر واحد سنگی در نظر می‌گیرد در حالی که مدل BLM شامل هفت عامل فرسایش سطحی، لاشبرگ سطحی، پوشش سنگی سطح زمین، آثار تخریب در سطح زمین، فرسایش شیاری سطحی، آثار رسوبگذاری حاصل از جریان و توسعه‌ی فرسایش خندقی می‌باشد که برگرفته از تیپ‌های فرسایشی می‌باشد. نتایج تحقیقات نوجوان و همکاران نشان داد در روش فارگاس و همکاران ۹/۷۲٪ سطح حوضه

منابع

- ۱- احمدی، ح؛ (۱۳۷۸)؛ ژئومورفولوژی کاربردی، جلد ۱ (فرسایش آبی)، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ سوم، ۶۸۸ ص.
 - ۲- احمدی، ح و محمدی، ع. ا؛ (۱۳۸۹)؛ بررسی تخمین رسوب با استفاده از مدل‌های PSIAC و EPM با تأثیر عوامل ژئومورفولوژی (مطالعه‌ی موردی: حوضه‌ی آبخیز دهنمک)، فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، دوره هفدهم شماره ۳، ۱-۶ ص.
 - ۳- باقرزاده کریمی، م؛ (۱۳۷۲)؛ بررسی کارایی مدل‌های برآورد فرسایش و رسوب و تکنیک‌های سنجش از دور و GIS در مطالعات فرسایش خاک، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده منابع طبیعی تربیت مدرس. ۹۴ ص.
 - ۴- جلالیان، ا؛ (۱۳۷۱)؛ مطالعات کیفی و کمی فرسایش خاک در حوضه‌ی آبخیز شمالی رودخانه کارون، سومین کنگره علوم خاک ایران. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تهران و مؤسسه تحقیقات خاک و آب وزارت کشاورزی ۱-۸ ص.
 - ۵- فیض‌نیا، س؛ (۱۳۷۴)؛ مقاومت سنگ‌ها در برابر فرسایش در اقلیم مختلف ایران، مجله منابع طبیعی ایران، شماره ۴۷، ۴۷-۳۲-۴۰ ص.
 - ۶- نوجوان، م؛ محمدی، ع؛ غلامی، و؛ (۱۳۹۱)؛ تعیین شدت فرسایش با استفاده از مدل‌های Fargas و BLM مورد: حوضه‌ی آبخیز بندره، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۲۹، ۱۱۹-۱۳۰ ص.
 - 7- Avanzi, G. D., Giannechini, R., and Puccinelli, A., (2004), The influence of the geological and geomorphological settings on shallow landslide, an example in a temperate climate environment: the June 19. 1996 event in northwestern Tuscany (Italy). Eng. Geol. 73(3-4): 215-228pp.
 - 8- Brideau, M. A., Stead, D., Roots, C., and Orwin, J., (2007), Geomorphology and engineering geology of a landslide in ultramafic rocks. Dawson city, Yukon", Eng. Geol. 89(3-4): 171-194pp.
 - 9- Chen, H., and Lee, C. F., (2004), Geohazards of slope mass movement and its prevention in Hong Kong. Eng. Geol, 25pp.
 - 10- Duiker, S.W., Flanagan, D. C., and Lal, R., (2001), Erodibility and infiltration characteristics of southwest Spain. Catena 45(2): 103-121pp.
- دارای شدت فرسایش کم و ۹۰/۲۷٪ حوضه دارای شدت فرسایش متوسط می‌باشد و در روش BLM ۵۰/۶۳٪ سطح حوضه دارای شدت فرسایش کم و ۴۹/۳۶٪ سطح حوضه دارای شدت فرسایش متوسط می‌باشد. همچنین با وجود در نظر گرفتن دو عامل در مدل فارگاس و همکاران و هفت عامل در مدل BLM در حدود ۱۹/۲۰۶٪ از سطح اراضی با شدت فرسایش کم و ۵۴/۶۴٪ از سطح اراضی با شدت فرسایش متوسط و در حالت کلی ۷۳/۸۵٪ از سطح حوضه‌ی مورد مطالعه در روش Fargas و BLM دارای توافق با یک‌دیگر از نظر شدت فرسایش می‌باشند. تمامی نتایج به دست آمده از این پژوهش نیز میزان حساسیت به فرسایش را متوسط ارزیابی می‌نماید.
- علاوه بر این همانند تحقیقات فیض‌نیا و همکاران این پژوهش نیز نقش سازندهای حساس به فرسایش را در تولید رسوب مؤثر می‌داند و مساحت هر یک را در نفوذ رواناب قابل توجه می‌داند [13]. به‌طور کلی سه روش Fargas، BLM و MPSIAC از نظر امتیاز دستاورد این پژوهش پیشنهاد می‌نماید به‌منظور تعیین دقیق نقش حساسیت به فرسایش و نفوذپذیری عوامل از روش AHP استفاده شود تا با توجه به پروژه‌ها و اهداف آن‌ها نقش هر یک از این عوامل را در هر یک از زیرحوضه‌ها وزن دهی نماید.
- این پژوهش نشان می‌دهد در صورت تعیین مناطق حساس به فرسایش و نفوذپذیری و تلفیق آن‌ها می‌توان در برنامه‌های اجرایی کاهش فرسایش و رسوب و تولید رواناب بهره برد.

- Source Area at Regional Level, *Journal of Physics & Chemistry of the earth*, (2-3) 22pp.
- 11- Fayznia, S., (1995), Rock resistance against corrosion in different Aqalym Iran, *Iranian Journal of Natural Resources*. 47:95-116pp.
- 12- Fayznia, S., Dastorani, J., Ahmadi, H., and Ghoddosi, J., (2008), Susceptibility to erosion and geological formations Sediment Basin in Iran. University College of Natural Resources. 61(1):13-27pp.
- 13- Fayznia, S., and Khosheghbal, M., (2004), The final report of the project susceptibility to erosion of rocks and geological formations in the watershed Latyan, Department of Watershed Management Watershed Assessment and Sediment Survey and Assessment.: 185P.
- 14- Fayznia, S., and Khosheghbal, M., (2003), Susceptibility of geological formations and erosion in the watershed Latyan. *Iranian Journal of Natural Resources*, 56(4):365-383pp.
- 15- Fayznia, S., Sharifi, F., and Zare, M., (2003), Susceptibility to erosion in the watershed Chndab Varamin. *Journal of Research and Development*. 61:33-68pp.
- 16- Haregeweyn, N., Poesen, J., Nyssen, J., Verstraeten, G., Vente, G., Govers, S., Deckers, S., and Igwe, C. A., (2003), Erodibility of soils of the upper rainforest zone, Southeastern Nigeria. *Land Degrad and Develop*. 334pp.
- 17- Johnson, C.W., and Gebhardt, K.A., (1982), Predicting sediment yields from sagebrush rangelands presented at Nevada-Utah, BLM watershed workshop. 65P.
- 18- Khaksar, k., Goodarzi, M., GharibReza, M., and Rahmati, M., (2006), Determining susceptibility to erosion Maharlou Basin geological formations. *Journal of Earth Sciences*. 16(62): 14P.
- 19- Nadersefat, M., and Saeidian, F., (2010), Study of flooding in the watershed of the permeability and runoff potential in geological formations (Case Study – Kardeh Khorasan Razavi). 4(12):163-198pp.
- 20- Pedrami, M., (1993), Book review of the stratigraphic time Neogene-Quaternary of Fargas, D., Martinez, J. A., and Poch. R.M., (1997), Identification of Critical Sediment Section 4. Quaternary system. Publisher: Geological Survey. 130P.
- 21- Persyn, R. A., Glanville, T. D., Richard T.L. Laflen, J. M., and Dixon, P.M., (2004), Environmental effects of applying composted organics to new highway embankments. Part 1, *Trans. ASAE* 47(2): 463-469pp.
- 22- QuliPuri, N., Ghazanfari, C., Ahmadifard, F., and Baloti, Sh., (2009), Erodible formations and forms of erosion on the North Branch watershed Verde MPSIAC environment using ILWIS. *Journal of sediments and sedimentary rocks*, 2(7):73-88pp.
- 23- Riebe, C.S., Kirchner, J.W., Granger, D. E., and Finkel, R. C., (2001), Minimal Climatic Control on Erosion Rates in the Sierra Nevada, California, *Geological Survey of America, Geology*, 29(5):447-450pp.
- 24- Saeidian, C., and Moradi, H., (2013), Erosion and sedimentation of deposits on the different user Aghajary. *Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Soil and Water Sciences*, 17(64): 209-220pp.
- 25- Shallow Water Technology Consulting Company., (2004), Madan groundwater catchment of Alamut - Qazvin. 48P.
- 26- ShariatJafari, M., Ghayoumian, M., and Payroan, J., (2006), Inter susceptibility to weathering and erosion of geological formations in sedimentary basins located in the area- a structural subcontinent, central Iran. *Journal of Science Teacher Education*. 6(2):709-722pp.
- 27- Uromeihy, A., and Safaie, M., (2000), Effect of land use on the development of slope instability in the neka-rood Watershed. *Iran. J. Nepal Geological Soc*. 22:421-428pp.
- 28- Yamani, M., and Ebrahimkhani, N., (2010), Erodible alluvial formations indicate assess the sedimentology (Case Study: Haji Arab basin in the Qazvin province). *Journal of Geography*, 8(24):6986pp.

29- Writtenreport,Hunt,J.M.,(1996), Petroleum
Geochemistry and Geology, 2nd Edition: W.H.
Freeman and Company, New York, 743 P.